

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-241781

(43)公開日 平成6年(1994)9月2日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 21/30	Z	9106-2F		
G 1 1 B 9/00		9075-5D		
H 0 1 J 37/28	Z			

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平5-49855

(22)出願日 平成5年(1993)2月17日

(71)出願人 000001007

キャノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 鈴木 朝岳

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャ
ノン株式会社内

(72)発明者 酒井 邦裕

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャ
ノン株式会社内

(72)発明者 小口 高弘

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャ
ノン株式会社内

(74)代理人 弁理士 豊田 善雄 (外1名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 カンチレバー、及びこれを利用したカンチレバー型プローブ、及びカンチレバー型プローブを用いた走査型トンネル顕微鏡、情報処理装置

(57)【要約】

【目的】 走査型トンネル顕微鏡や情報処理装置に用いられ、反りを低減し歩留まりを向上した薄膜積層体からなるカンチレバー状変位素子を提供する。

【構成】 圧電体膜と電極膜とを積層して形成されるカンチレバーの上下面に、圧電体膜よりも大きい線熱膨張係数を有する金属膜を、カンチレバー中の残留応力を補償するためのトリミング用部材として設けたカンチレバー。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 薄膜を積層して形成されるカンチレバーに、該カンチレバー中の残留応力を補償するトリミング用部材を設けたことを特徴とするカンチレバー。

【請求項2】 請求項1に記載のカンチレバーの自由端部に、情報入出力用探針を設けたことを特徴とするカンチレバー型プローブ。

【請求項3】 請求項2に記載のカンチレバー型プローブを、同一基板上に複数設けたことを特徴とする集積化カンチレバー型プローブ。

【請求項4】 請求項2または3に記載のカンチレバー型プローブを用いたことを特徴とする走査型トンネル顕微鏡。

【請求項5】 トンネル電流を用いて記録媒体に対して情報の記録、再生、消去を行う情報処理装置において、請求項2または3に記載のカンチレバー型プローブを用いたことを特徴とする情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、トンネル電流検出装置や走査型トンネル顕微鏡等に用いられるカンチレバー（片持ちばり）状変位素子、及びこれを用いたカンチレバー型プローブに関する。

【0002】 さらには、上記カンチレバー型プローブを備えた走査型トンネル顕微鏡、及び走査型トンネル顕微鏡の手法により情報の記録、再生、消去等を行なう情報処理装置に関する。

【0003】

【従来の技術】 現在、走査型トンネル顕微鏡（以下、STMと略す）の手法を用いて、半導体あるいは高分子材料等の原子オーダー、分子オーダーの観察評価、微細加工（E. E. Ehrichs, Proceedings of 4th International Conference on Scanning Tunneling Microscopy/spectroscopy, '89, S13-3）、及び記録装置等の様々な分野への応用が研究されている。

【0004】 なかでも、コンピューターの計算情報や映像情報等では大容量を有する記録装置の要求が益々高まっており、さらに、半導体プロセス技術の進展によりマイクロプロセッサが小型化し、計算能力が向上したことから記録装置の小型化が望まれている。

【0005】 これらの要求を満たす目的で、記録媒体との間隔が微調整可能な駆動手段上に存在するトンネル電流発生用プローブからなる変換器から電圧印加することによって記録媒体表面の仕事関数を変化させ、記録書き込みし、また、仕事関数の変化によるトンネル電流の変化を検知して情報の読み出しを行う、最小記録面積が10nm平方となる記録再生装置が提案されている。 *

$$\sigma_1 \{A \times A - B \times B\} + \sigma_2 \{C \times C - A \times A\} + \sigma_3 \{E \times E - C \times C\}$$

*【0006】 かかる装置においては、試料を探針で数nm〜数μmの範囲で走査する必要があり、最近では、半導体加工技術を利用したマイクロマシーニング技術

（K. E. Peterson, "Silicon as a Mechanical Material", Proceedings of the IEEE, 70巻、420ページ、1982年）を用いて探針駆動機構を微細に形成する試みがなされている。図12はマイクロマシーニング技術により、Si基板上に圧電体バイモルフからなるカンチレバーを形成した例である（T. R. Albrecht, "Microfabrication of Integrated Scanning Tunneling Microscope", Proceedings of 4th International Conference on STM/STS '89 S10-2）。

【0007】 図12（a）は、その斜視図であり、Si基板上に2分割電極9a、9b-ZnO圧電体3'-中電極8-ZnO圧電体3-2分割電極2a、2bと積層したカンチレバーを作り、その下のSi基板の一部を異方性エッチングにより除去してSi基板の端部から片持ちで支持されるように形成されている。

【0008】 上記圧電体バイモルフからなるカンチレバーの先端には金属の探針6が接着などにより取り付けられ、引き出し電極11を介してトンネル電流を検知する。その際、図12（b）の断面図に示すようにカンチレバーの上側の2分割電極2a、2bと中間電極8の間にはさまれる2つの圧電体領域と下側の2分割電極9a、9bとの間にはさまれた2つの圧電体領域の各々にかかる電圧を制御することによりカンチレバーを3次元方向に動かすことができる。

【0009】 マイクロマシーニング技術により形成される探針駆動機構は微細にでき、記録再生装置の情報の書き込み、読み出しの速度を向上させるに要求されるプローブの複数化を容易にすることが可能となる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、かかる装置においては電極及び圧電体の薄膜の積層を行うため、各々の層の厚み及び応力を十分に制御しなければならない。というのも、Si基板をエッチングして作製するカンチレバーは各々の層の膜厚、応力に依存して反りが発生するからである。

【0011】 図12に示すカンチレバーの反りは以下の式（1）に比例している。ここで電極9、圧電体3'、電極8、圧電体3、電極2の膜厚をt1、t2、t3、t4、t5、応力をσ1、σ2、σ3、σ4、σ5とする。

【0012】

$$+ \sigma 4 \{ F \times F - E \times E \} \dots (1)$$

ここで、 $A = 1/2 t_3 + t_2$ $B = 1/2 t_3 + t_2 + t_1$ $C = 1/2 t_3$ $E = 1/2 t_3 + t_4$ $F = 1/2 t_3 + t_4 + t_5$

カンチレバーの反りの発生する原因として、各々の薄膜の膜厚 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 の誤差、膜の内部応力の膜厚依存性 ($t_2 = t_4$ の時 $\sigma 2 \neq \sigma 4$)、積層時の基板の材質及び表面粗度、積層することによる基板の熱膨張係数の変化等が考えられる。

【0013】上記理由により発生するカンチレバーの反りは、プローブと媒体との適切な位置関係を阻害し、トンネル電流の生じるに必要な間隔を保つことを困難にする。

【0014】以上のような従来例の問題点に鑑み、本発明は反りの原因となっている残留応力を補償して反りを低減し、歩留まりを飛躍的に向上したカンチレバーを提供することを目的とする。

【0015】また、本発明の他の目的は、このカンチレバーを利用したプローブを用いた走査型トンネル顕微鏡及び情報処理装置を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために成された本発明は、薄膜を積層して形成されるカンチレバーに、該カンチレバー中の残留応力を補償するトリミング用部材を設けたことを特徴とするカンチレバーであり、上記カンチレバーの自由端部に、情報入出力用探針を設けたことを特徴とするカンチレバー型プローブであり、上記カンチレバー型プローブを、同一基板上に複数設けたことを特徴とする集積化カンチレバー型プローブであり、上記カンチレバー型プローブまたは上記集積化カンチレバー型プローブを用いたことを特徴とする走査型トンネル顕微鏡であり、更には、トンネル電流を用いて記録媒体に対して情報の記録、再生、消去を行う情報処理装置において、上記カンチレバー型プローブまたは上記集積化カンチレバー型プローブを用いたことを特徴とする情報処理装置である。

【0017】本発明のカンチレバーは、例えば圧電バイモルフ構造からなる駆動用部材として、また半導体ビエソ素子構造からなるセンシング用部材として用いられ、例えばシリコン単結晶基板上にマイクロマシニング技術を用いて製造される。

【0018】上記カンチレバーは薄膜積層体であって、各薄膜層は半導体等からなる圧電体層や、導電体からなる電極層である。

【0019】本発明において用いられる圧電体層の材料としては、 ZnO 、 AlN 、 Ta_2O_5 、 PZT 、 $PLZT$ 、 $PVDF$ などがあり、特に材料が限定されることはない。

【0020】また電極層の材料としては、 Au 、 Al 、 Pt 、 Ag 、 Cu など単体の金属、 Au/Cr 、 $Pt/$

Ti などの複層の電極合金、導電性化合物等を用いることができ、その材料は特に限定されない。

【0021】本発明に係るトリミング用部材は、上記各種薄膜層を積層することによりカンチレバー中に残留する応力によって生じたカンチレバーの反りを許容範囲内になるまで低減させるためのものである。

【0022】トリミング用部材はカンチレバーの片面あるいは両面に設けることができ、その材料としては、圧電体層と異なる線熱膨張係数を有するものを用いることができ、例えば金属膜のように線熱膨張係数の大きいものや、 SiO_2 のように線熱膨張係数の小さいものを用いることができる。

【0023】本発明のカンチレバー型プローブにおいて、前記情報入出力用探針は、本発明のカンチレバーの自由端部に例えば Pt 、 Rh 、 W などの金属片を接着するか、あるいは金属膜を堆積、加工して針状に形成することができるが、この方法に限定されるものではない。

【0024】

【実施例及び作用】以下、本発明を実施例により具体的に説明する。

【0025】実施例1

本実施例は本発明のカンチレバー型プローブを作製したものであり、図1にその構成図を示す。

【0026】先ず、図2～図6を用いて本実施例における製造工程を説明する。

(1) 図12に示した従来のカンチレバーの製造方法と同様に、 Si 基板上に(2分割)電極9-ZnO圧電体3'-中電極8-ZnO圧電体3-(2分割)電極2及び引き出し電極11を積層した後、 Si 基板1の一部を異方性エッチングにより除去し Si 基板の端部から片持ちで支持されるカンチレバーを形成した。更に、このようにして形成した圧電バイモルフ構造のカンチレバーの上、下面に絶縁層4、4'としてプラズマCVDを用いて SiO_2 を5000Å厚形成した(図2参照)。尚、本実施例では電極2、8、9、11はいずれも Au を用いた。

(2) 次に、絶縁層4、4'をフォトリソグラフィ等を用いてパターニングし不要部分を除去した(図3参照)。

(3) 次に、カンチレバーを200℃～300℃に加熱した状態で両面にトリミング用部材5、5'として Al 膜を真空蒸着法などで1μm厚形成した(図4参照)。

(4) 次に、トリミング用部材5、5'をフォトリソグラフィ等を用いてパターニングし不要部分を除去した(図5参照)。

(5) 次に、カンチレバーの自由端部に、 W からなる探針6を接着しカンチレバー型プローブを完成した(図6参照)。

(6) 次に、薄膜積層体であるカンチレバー中の残留応

力による反りを低減するために、レーザートリミング装置10を用いてトリミング用部材5の一部(図中の7)を除去した(図7参照)。

【0027】本実施例ではトリミング用部材としてAl膜を使用しているため、圧電体層(ZnO)と比較して線熱膨張係数が大きく(A1の線膨張率: $30 \cdot 2 \times 10^{-6}$ 、ZnOの線膨張率: 4×10^{-6})、200~300℃に加熱した状態で形成されたトリミング用部材は、常温ではカンチレバーを縮ませる方向に働いている。そのためトリミング用部材をトリミングして除去することにより、トリミング面と反対側にカンチレバーが反る方向に補正されることになる。トリミングが過大になり反りが反対側になった場合には反対面をトリミングすることで再補正が可能である。

【0028】本実施例において作製したカンチレバーの幅は40μm、長さは200μmであり、トリミング前(図6)のカンチレバー先端の反りは2μmであった。また、トリミング用部材をトリミングすることにより、容易にカンチレバー先端の反りを0.5μm以下とすることができた。

【0029】実施例2

本実施例は図8に示されるような本発明のカンチレバー型プローブを作製したものである。

【0030】本実施例では、カンチレバーの片面(図の上面)のみにトリミング用部材を形成した以外は実施例1と同様であり、トリミングが過大になり反りが反対側になった場合に、その再補正をすることはできないが、製造工程が簡単になる。

【0031】本実施例においても、カンチレバーの幅は40μm、長さは200μmであり、トリミング前のカンチレバー先端の反りは2μmであった。また、トリミング用部材5の一部(図中の7)をトリミングすることにより、容易にカンチレバー先端の反りを0.5μm以下とすることができた。

【0032】実施例3

本実施例は、図9に示されるように実施例1で作製した本発明のカンチレバー型プローブを同一のシリコン基板上に複数個作製し、集積化カンチレバー型プローブを作製したものであり、更には、この集積化カンチレバー型プローブを用いてSTM装置並びに情報処理装置を作製したものである。

【0033】本実施例の集積化カンチレバー型プローブ12は、実施例1で説明した作製方法においてフォトリソグラフのパターンを拡張するだけで同時に作製することができ、組立て作業は必要ない。このように同一の基板上へ複数のカンチレバーを一括して形成しているため、寸法精度が非常に高く、各カンチレバー間のばらつきも非常に小さく抑えることができる。

【0034】また基板としてSi単結晶を用いることにより、トランジスタやダイオード等の半導体素子も同一

基板上へ集積化することも可能となり、トンネル電流の増幅回路やカンチレバー駆動用のアンプ等を一体化することができる。

【0035】上記集積化カンチレバー型プローブの各カンチレバーに設けられたトリミング用部材に対して、実施例1と同様にしてレーザートリミングを行ったところ、容易に各カンチレバーの反り量を均一にすることができた。

【0036】次に上記集積化カンチレバー型プローブを用いてSTM装置を作製した例について述べる。図10にこの装置のブロック図を示す。本装置では集積化カンチレバー型プローブ12にて試料13に探針6を近づけたのち(図のZ方向)、試料13面内のx方向、y方向をx-yステージ14にて走査し、探針6と試料13にバイアス電圧印加回路15より電圧を加え、そのとき観察されるトンネル電流をトンネル電流検出回路16で読み出し、像観察を行なう。試料13と探針6の間隔制御とx-yステージ14の駆動制御は駆動制御回路17にて行なう。これら回路のシーケンス制御はCPU18にて行なう。

【0037】具体的には、探針6を試料13の表面へ接近させたとき、この表面が導電性を持つ場合、探針6と試料13との距離が数nm程度まで近づくと探針6と試料13との間にトンネル電流が流れる。このトンネル電流は、探針6の先端と試料13との距離により指数関数的に変化するため、このトンネル電流をトンネル電流検出回路16で取出して増幅を行ないカンチレバー部の駆動電圧にフィードバックをかけることにより、探針6の先端と試料13の表面までの距離を一定に保つことができる。このような状態でカンチレバー部をx、y方向に微小に変位させることにより、フィードバック電圧の変化により極微小表面の凹凸を観察することが可能である。

【0038】また、図には示していないが、x-yステージ14による走査の機構としては、円筒型ピエゾアクチュエータ、平行バネ、作動マイクロメータ、ボイスコイル、インチウォームなどの制御機構を用いて行なう。

【0039】この装置にて、試料13にHOPG(グラファイト)板を用いて表面観察を行なった。バイアス電圧印加回路15にて200mVの直流電圧を探針6と試料13の間に加えた。この状態で試料13に沿って探針6を走査してトンネル電流検出回路16を用いて検出される信号より表面観察を行なった。スキャンエリアを0.05μm×0.05μmとして観察したところ、すべての探針において良好な原子像を再現性良く得ることができた。このようにSTMの原理による動作が確認され表面観察動作が確認された。

【0040】また、図11に先の集積化カンチレバー型プローブを用いた、情報の記録・再生等を行なえる情報処理装置の模式図を示す。

【0041】同図において、19は電圧印加により抵抗

値が変化する記録層、20は金属電極層、21は記録媒体基板である。14はXYステージ、12は本発明による集積化カンチレバー型プローブ、22は集積化カンチレバー型プローブ12の支持体、23は集積化カンチレバー型プローブ12をZ方向へ粗動するためのリニアアクチュエータ、24、25はXYステージ14をそれぞれX、Y方向へ駆動するリニアアクチュエータ、26は記録再生用のバイアス回路である。16はトンネル電流検出回路、27は集積化カンチレバー型プローブ12をZ方向に移動させるためのサーボ回路であり、28はアクチュエータ23を駆動するためのサーボ回路である。29は個々のカンチレバーを微小変位させるための駆動回路であり、31はXYステージ14の位置制御を行なう駆動回路である。32はこれらの操作を制御するCPUである。30はアクチュエータ23の駆動回路である。

【0042】このようなシステムを用い上述のSTMと同様の動作を行なうことにより、nmオーダーの記録密度の大容量・高密度な記録、再生、消去を行なうことが可能となり、またプローブを多数集積化し、それらを同時に走査するため、高速度の記録再生を行なうことができた。

【0043】

【発明の効果】以上説明した様に本発明は以下の効果を奏する。

(1) 本発明のカンチレバー及びカンチレバー型プローブは反りを低減できる構成を有することにより、許容反り量に対して歩留まりの向上ができると共に、任意の反り量に製造することもでき、幅広い用途が期待されるものである。

(2) 本発明のカンチレバー型プローブあるいは集積化カンチレバー型プローブを用いた本発明の走査型トンネル顕微鏡は、高速で信頼性の高い像観察を安定して行うことができる。

(3) 本発明のカンチレバー型プローブあるいは集積化カンチレバー型プローブを用いた本発明の情報処理装置は、nmオーダーの記録密度をもつ大容量・高密度の装置となり、かつ、高速で記録再生等を行うことができるとともに、エラーの発生率を小さくすることができ信頼性の高い装置となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のカンチレバー型プローブの一実施例を示す構成図である。

【図2】図1のカンチレバー型プローブの製造工程を説明するための図である。

【図3】図1のカンチレバー型プローブの製造工程を説明するための図である。

【図4】図1のカンチレバー型プローブの製造工程を説明するための図である。

【図5】図1のカンチレバー型プローブの製造工程を説明するための図である。

【図6】図1のカンチレバー型プローブの製造工程を説明するための図である。

【図7】図1のカンチレバー型プローブの製造工程を説明するための図である。

【図8】本発明のカンチレバー型プローブの他の実施例を示す構成図である。

【図9】本発明の集積化カンチレバー型プローブの一実施例を模式的に示した図である。

【図10】図9の集積化カンチレバー型プローブを用いたSTM装置のブロック構成図である。

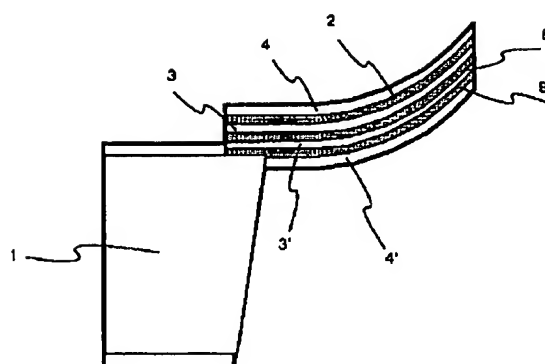
【図11】図9の集積化カンチレバー型プローブを用いた情報処理装置のブロック構成図である。

【図12】従来例のカンチレバー型プローブの構成図である。

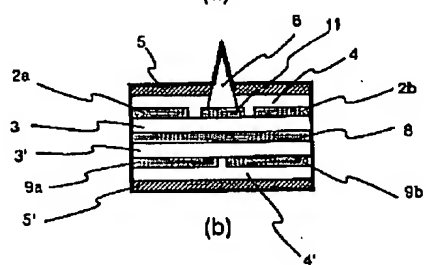
【符号の説明】

- | | |
|-----------|----------------|
| 1 | シリコン基板 |
| 2, 2a, 2b | 上電極 |
| 3, 3' | 圧電体 |
| 4, 4' | 絶縁層 |
| 5, 5' | トリミング用部材 |
| 6 | 探針 |
| 7 | トリミングによる加工溝 |
| 8 | 中電極 |
| 9, 9a, 9b | 下電極 |
| 10 | レーザートリミング装置 |
| 11 | 引き出し電極 |
| 12 | 集積化カンチレバー型プローブ |
| 13 | 試料 |
| 14 | X-Yステージ |
| 15 | バイアス電圧印加回路 |
| 16 | トンネル電流検出回路 |
| 17 | 駆動制御回路 |
| 18 | CPU |
| 19 | 記録層 |
| 20 | 金属電極層 |
| 21 | 記録媒体基板 |
| 22 | 支持体 |
| 23~25 | リニアアクチュエーター |
| 26 | バイアス回路 |
| 27, 28 | サーボ回路 |
| 29~31 | 駆動回路 |
| 32 | CPU |

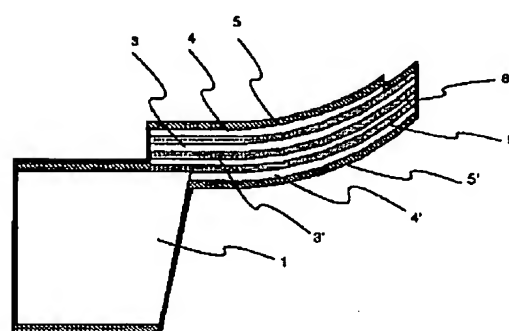
【圖 2】



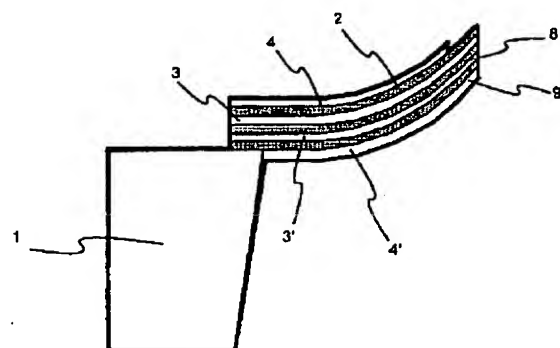
(a)



【圖 4】

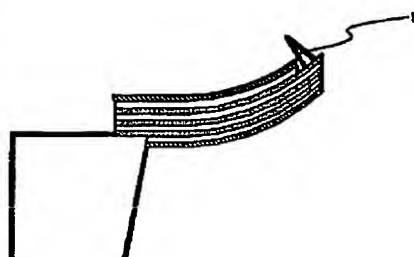
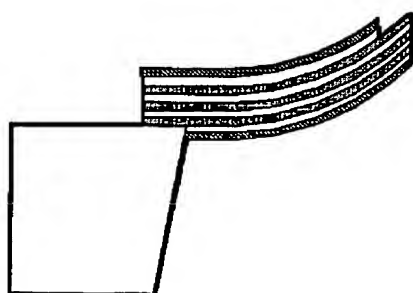


【圖3】

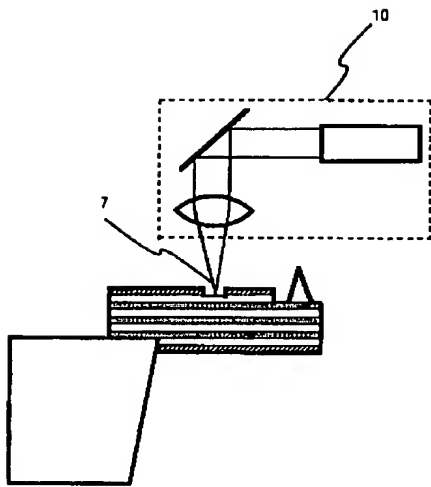


【図5】

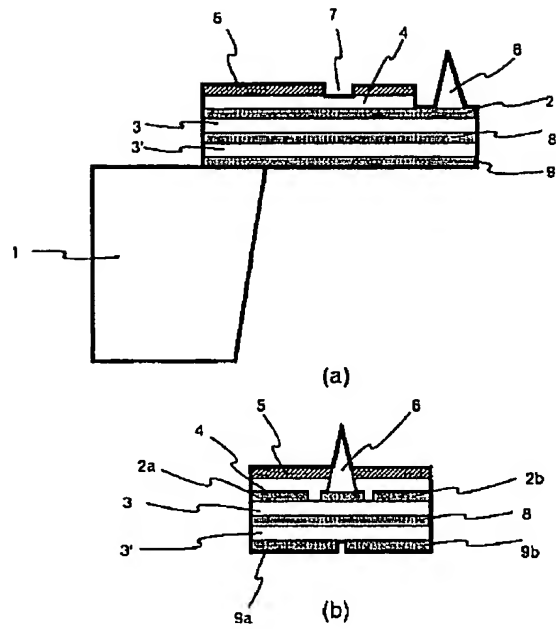
【図 6】



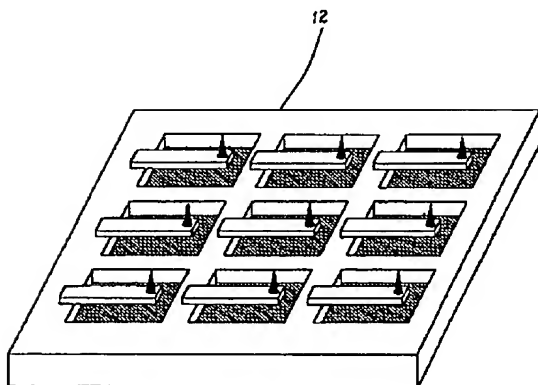
【図7】



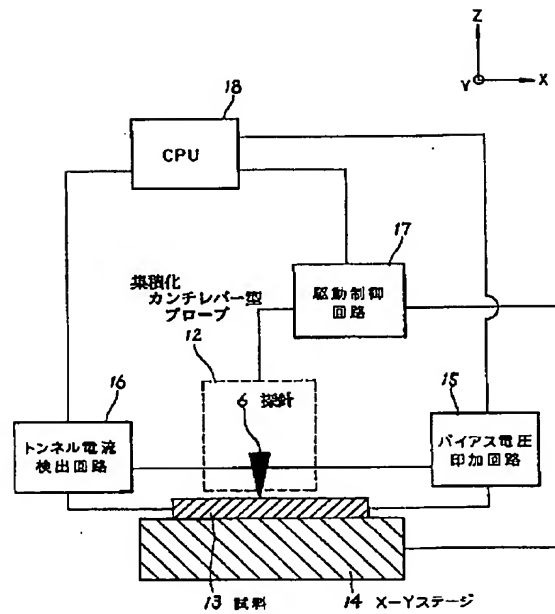
【図8】



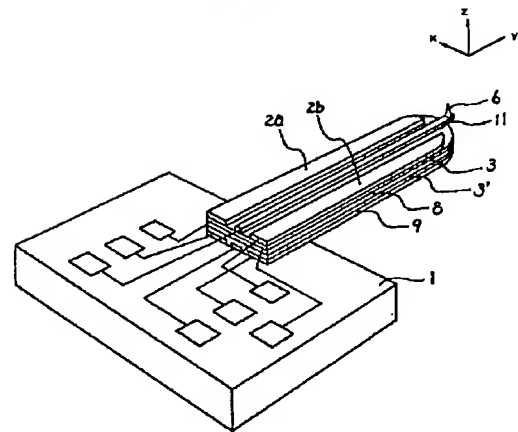
【図9】



【図10】



【圖 12】



(b)

(72)発明者 紫藤 俊一
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内